

레이저 응용 초음파를 이용한 금속시편의 비파괴적

미세조직 평가에 관한 연구

The NDE(non-destructive evaluation) of metallic specimen using laser-ultrasonics

임충수, 박형국, 전형하, 김달우, 오기장

포항산업과학연구원

cslim@rist.re.kr

물질 내부에서의 초음파(ultrasonics)의 전파특성을 분석하면 측정대상의 외형적 크기와 성분조성, 내부결함의 분포, 그리고 결정입경(grain size) 등과 같은 물질의 미세조직을 비파괴적으로 평가(NDE; non-destructive evaluation)할 수 있다. 초음파를 이용하는 비파괴 평가에 있어서 기존에는 주로 접촉식 압전변환기(PZT transducer)를 이용하여 초음파를 인가함과 동시에 이를 이용하여 측정대상 내부를 전파한 초음파를 검지하는 방식을 이용하여 왔다. 이와 같은 압전변환기를 이용한 비파괴 평가는 측정방법이 비교적 간단하고 초음파 에너지의 정량화가 용이한 장점이 있으나 측정방식이 접촉식이기 때문에 측정 시편이 고온이거나 움직이는 대상에는 적용이 어렵다. 따라서 비파괴 평가의 궁극적인 활용목표의 하나인 온-라인 평가를 실현하기 위해서는 비접촉식 초음파 평가방법이 정립되어야 한다. 이러한 관점에서 최근 레이저를 이용한 비접촉식 초음파의 생성 및 검지방식에 대한 연구가 진행되고 있다. 즉, 공간 및 시간적으로 에너지가 집중된 펄스형 레이저의 출력 빔을 이용하여 초음파를 생성하고 레이저 간섭계를 이용하여 측정지점에 도달한 초음파를 검지하면 비접촉식 비파괴 평가가 가능하다.

펄스형 레이저의 출력 빔을 시편 표면에 집광하면 빛 에너지가 시편을 구성하는 입자들의 운동에너지로 변환되어 초음파가 발생하며 이를 laser-ultrasonics라 한다. Laser-ultrasonics는 넓은 주파수 대역의 초음파를 동시에 포함하고 있어 비파괴 평가시 초음파 주파수에 따른 물성분석이 용이하다. 물질 내부를 전파한 초음파는 물질의 경계면 위의 측정지점에서 국소적인 표면 변위를 유발한다. 따라서 표면 변위에 민감한 레이저 변위 간섭계를 이용하면 비접촉식 측정이 가능하다. 본 연구의 궁극적인 목표는 이와 같이 초음파의 생성 및 검지를 레이저를 이용하여 비접촉식으로 수행하는 초음파 검사장치를 개발하여 결정입경과 같은 미세조직을 온-라인 측정하는 데 있다. 이에 따라 본 논문에서는 먼저 초음파 발전부의 특성평가를 위하여 펄스형 레이저를 이용하여 laser-ultrasonics를 생성하고 레이저 간섭계를 이용하여 초음파를 측정하였으며 측정된 초음파를 분석하여 결정입경(grain size)과 같은 미세조직의 측정에 적용하였다.

Laser-ultrasonics의 생성에는 펄스 폭이 7 ns 정도이고 펄스 에너지가 100 mJ인 Nd:YAG 레이저를 이용하였고 초음파의 측정에는 Fabry-Perot 간섭계를 이용하였다. 이와 같은 실험장치를 이용하여 laser-ultrasonics의 주파수 스펙트럼을 측정하였으며 측정결과로부터 laser-ultrasonics가 매우 넓은 주파수 대역을 가짐을 확인하였다. 결정입경 측정에 사용된 시편은 두께(L)가 11~12 mm인 금속시편이며

다양한 결정입경을 갖는다. 시편의 한쪽 면에서 발생된 초음파는 시편의 양쪽 면에서 반사되면서 시편 내부를 전파하므로 초음파 발생면에 대해 반대쪽 면에서 초음파를 측정하면 다수의 반사신호(echoed signal)가 측정된다. 이 경우 근접한 반사신호 사이의 초음파 진행거리는 $2L$ 이며 거리가 진행되면서 신호의 크기가 감쇄한다. 이를 통해 결정입경에 따른 초음파 신호의 주파수별 감쇄 특성을 분석하였다.

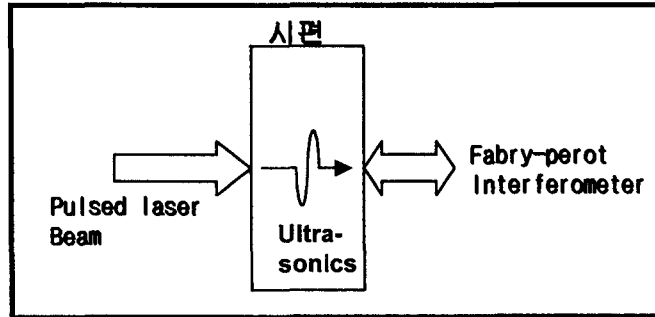


Fig. 1. Experimental scheme of laser-ultrasonics

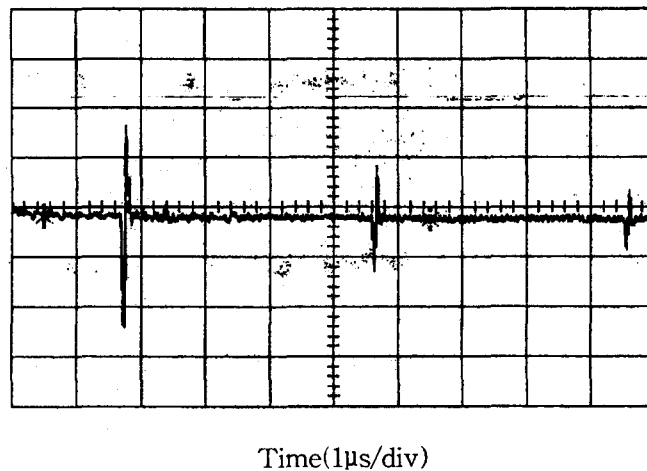


Fig. 2. Laser-ultrasonic echoed signals detected by confocal Fabry-Perot interferometer

1. J. P. Monchalín and R. Heon, "Laser ultrasonic generation and optical detection with a confocal Fabry-Perot interferometer", *Material Evaluation* 44, 1231-1237 (1986).